

⑤1

Int. Cl.: H 05 b, 33/16

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



⑤2

Deutsche Kl.: 21 f, 89-03

⑩
⑪

Offenlegungsschrift 2 405 829

⑫
⑬
⑭

Aktenzeichen: P 24 05 829.5
Anmeldetag: 7. Februar 1974
Offenlegungstag: 22. August 1974

Ausstellungsriorität: —

⑯
⑰
⑱
⑲

Unionspriorität
Datum: 16. Februar 1973
Land: V. St. v. Amerika
Aktenzeichen: 333431

⑳
㉑
㉒
㉓

Bezeichnung: Elektrolumineszente Halbleiter-Anzeige-Vorrichtung und Verfahren zu
ihrer Herstellung
Zusatz zu: —
Ausscheidung aus: —
Anmelder: Hewlett-Packard Co., Palo Alto, Calif. (V.St.A.)

Vertreter gem. §16 PatG: Schulte, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 7261 Gechingen

㉔

Als Erfinder benannt. Haitz, Roland H., Portola Valley, Calif. (V.St.A.)

DT 2 405 829

PATENTANWALT
DIPL.-ING. KNUD SCHULTE

2405829

D-7261 Gechingen/Bergwald
Lindenstr. 16
Telefon: (07031) 66 74 32
(07056) 13 67
Telex: 07-265 739 - Hep-d

Patentanwalt K. Schulte, D-7261 Gechingen, Lindenstr. 16

30. Januar 1974

Hewlett-Packard Company
1501 Page Mill Road, Palo Alto
California 94304, USA
Case 790

ELEKTROLUMINESZENTE HALBLEITER-ANZEIGE-
VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZU IHRER HERSTELLUNG

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine elektrolumineszente Halbleiter-Anzeigevorrichtung mit einem obere und eine untere Oberfläche aufweisenden Grundkörper aus einem Material ausgewählter Dicke, welcher eine Öffnung aufweist, die sich im Grundkörper von dessen oberer Oberfläche bis zu einer Grundfläche hin erstreckt und dadurch eine Aushöhlung bildet, die von der Grundfläche als Boden und den Seitenwänden der Öffnung begrenzt wird.

Elektrolumineszente Halbleiter-Anzeigen nach dem Stand der Technik werden im folgenden in zwei Gruppen eingeteilt, die als Kategorie A und Kategorie B bezeichnet werden. In Kategorie A (dargestellt in Fig. 1A und 1B) sind die scheinbaren Abmessungen der elektrolumineszenten Halbleiter-Anordnung 12a dadurch vergrößert, daß sie in einer Aushöhlung 13a angeordnet ist, welche mit transparentem Material 17a ausgefüllt ist und welche spiegelnd reflektierende Wände 24a besitzt. Diese Wände 24a werden typischerweise durch Metallüberzüge auf einem anderen Material 16a gebildet. Die elektrolumineszente Halbleiter-Vorrichtung 12a ist auf einem Substrat 18a in der Mitte der Aushöhlung angeordnet und sendet isotropisch

2405829

Photonen 30a in das transparente Material 17a aus. Die obere Außenfläche 14a der Aushöhlung 13a wird durch Licht erleuchtet, welches unmittelbar von der Vorrichtung 12a oder durch spiegelnde Reflexion von den Wänden 24a kommt. Eine Aufrauung der Außenfläche 14a bewirkt, daß das Licht ungerichtet gebrochen wird, so daß sich angenähert eine Lambert-Verteilung ergibt. Um jedoch an der Oberfläche 14a der Aushöhlung 13a eine gleichmäßige Ausleuchtung zu erhalten, ist es wesentlich, eine ausreichend gleichförmige Lichtverteilung an der Stelle 15a zu erzielen, wo die Lichtstrahlen die Kunststoff/Luft-Grenzfläche 14a schneiden, welche die ungerichtete Brechung erzeugt. Um eine solche Gleichförmigkeit zu erzielen, d.h. um die Ausleuchtung in von dem Licht emittierenden, elektrolumineszenten Halbleiter-Element 12a entfernten Bereichen zu erhöhen, muß die Aushöhlung 13a mit ihren spiegelnd reflektierenden Wänden 24a passend geformt sein. Eine typische Form ist in Fig. 1A gezeigt, welche einen Längsschnitt durch die Aushöhlung darstellt. Fig. 1B zeigt die Aushöhlung aus einer Richtung senkrecht zur Zeichenebene der Fig. 1A. Die spiegelnd reflektierend metallisierten Abschlußwände 24a der Aushöhlung (Fig. 1A) können mit geraden Teilstücken eine Parabel annähern, oder sie können parabolische Kurven sein. In beiden Fällen ist das elektrolumineszente Halbleiter-Element 13a im Brennpunkt der Parabel angeordnet. Daher wird von den Seiten des Elementes 12a in Richtung der Wende 24a emittiertes Licht wie in Fig. 1A gezeigt, spiegelnd nach oben in Richtung auf die aufgerauhte Oberfläche 14a reflektiert und zwar mehr in die Nähe der Enden der Aushöhlung 13a als in deren Mitte. Dadurch wird die geringere Direkt-emission in Richtung auf die Enden kompensiert. In Richtung auf die vertikalen Seitenwände 24a (Fig. 1B) emittiertes Licht kann mehrfach spiegelnd reflektiert werden, bevor es die Oberfläche 14a erreicht. Zu dem Zwang zu angenähert parabolisch geformten Abschlußwänden kommt hinzu, daß Einrichtungen der Kategorie A eine Vorrichtung benötigen, die Licht über ihre Seitenflächen in einem angenähert isotropischen

409834/0783

Emissionsmuster abstrahlt. Typischerweise wird diese Art von Emissionsmuster durch die Verwendung von Galliumphosphid-Halbleiter-Elementen erreicht. Dem steht jedoch gegenüber, daß ein Gallium-Arsenid-Phosphid-Element, das eine Lambert-Emissionscharakteristik im wesentlichen nur für von der oberen Oberfläche ausgehende Emissionen hat, nicht genügend Licht in Richtung auf die Seiten- und Abschlußwände aussendet, um die gewünschte gleichförmige Ausleuchtung der Oberfläche zu erzielen. Die Benutzung von seitlich emittierenden elektrolumineszenten Halbleiter-Elementen führt dagegen dazu, daß ein großer Teil des in Richtung auf die Seitenwände der Aushöhlung emittierten Lichtes mehrfachen Reflexionen ausgesetzt ist, bevor es die Oberfläche erreicht. Wenn die auf die Wände aufgebrachte Metallisierung einen Reflexionskoeffizienten von etwa 90 % hat, was für Gold, Aluminium, Silber oder Kupfer gilt, ist es offensichtlich, daß durch die mehrfachen Reflexionen das von den Seiten des Elementes in Richtung auf die Seiten der Aushöhlung emittierte Licht stark gedämpft wird, bevor es die obere Oberfläche erreicht. Daher scheinen elektrolumineszente Halbleiter-Anzeige-Einrichtungen, die von den Konstruktionsprinzipien der Kategorie A Gebrauch machen, folgende vier Kriterien zu erfordern bzw. erfüllen zu müssen:

- (1) spiegelnd reflektierende Wände;
- (2) geneigte Abschlußwände, die insbesondere eine Parabel approximieren müssen, wobei das Licht emittierende Element in deren Brennpunkt angeordnet sein muß;
- (3) ein isotropisch emittierendes Element, d.h. ein Element mit Lichtemission aus seinen Seiten. In der Praxis schaltet dieses Erfordernis die Benutzung von Gallium-Arsenid-Phosphid-Halbleitern wegen ihrer Lambert-Emissionscharakteristik aus;
- (4) eine aufgerauhte oder sonstige nicht ebene Oberfläche, die die Oberseite der Anzeigevorrichtung bildet, um die hohe Direktstrahlung

näherungsweise in eine Lambert-Verteilung willkürlich zu verteilen.

Das Erfordernis 1 zwingt dazu, daß die Seitenwände d.h. die in Fig. 1B gezeichneten, vertikal oder nach außen geneigt sind. Das bedeutet, daß der Querschnitt an der Oberseite der Anzeige gleich oder größer als der Querschnitt am Boden der Anzeige sein muß. Nach innen geneigte Seitenwände, bei denen die Oberseite schmäler als der Boden ist, können in den bekannten Anordnungen aus folgenden Gründen nicht verwendet werden. Wie in Fig. 3A gezeigt ist, ändert sich im Falle von parallelen vertikalen Wänden bei Spiegelreflexion der Einfallswinkel des Lichtstrahls auf die Wand nicht. Im Falle von nach innen geneigten Wänden (siehe Fig. 3B) ändert sich jedoch der Einfallswinkel nach jeder Reflexion. Es ist ersichtlich, daß ein unter 45° von dem Element emittierter Lichtstrahl nach einer Anzahl von Reflexionen seine Richtung umkehrt und niemals die Oberseite der Aushöhlung erreicht. Wenn man sich klar macht, daß die Hälfte des von einem Lambert'schen Element emittierten Lichtes unter einem Winkel von mehr als 45° gegenüber der Vertikalen ausgesandt wird, wird offensichtlich, daß in Anordnungen der Kategorie A keine nach innen geneigten Wände benutzt werden sollten. In manchen Konstruktionen, bei denen der Grundkörper der Anzeige durch ein Gießverfahren hergestellt werden soll, kann der Zwang zu einer oben beschriebenen Wandneigung aber wichtig sein.

Die Forderung nach vertikalen oder nach außen geneigten Seitenwänden kann auch noch andere Konsequenzen haben. Zunächst muß die Mindestbreite der Aushöhlung an deren Oberseite gleich der Größe des Elementes plus zweimal die Zusammenbautoleranz sein. Das heißt, daß ein 0,46 mm breites Elementplättchen und eine Zusammenbautoleranz von 0,15 mm eine Breite von 0,76 mm erfordern. Eine solche Breitenbegrenzung ist aus zwei Gründen unerwünscht. Um ein für das Auge angenehmes Verhäl-

nis von Zeichenhöhe zu Segmentbreite aufrechtzuerhalten, ist die Vorrichtung zunächst auf relativ große Anzeigen begrenzt, bei denen die Zeichenhöhe ungefähr 7,6 mm beträgt. Zweitens wird ein größerer Lichtstrom benötigt, um eine konstante Helligkeit über einen größeren Oberflächenbereich aufrechtzuerhalten. Ein weiterer durch das Kriterium 1 auferlegter Zwang für elektrolumineszente Halbleiter-Anzeigen der Kategorie A besteht darin, daß das Innere der Aushöhlung aus einem auf eine Unterlage aufgebrachten spiegelnd reflektierenden Material hergestellt werden muß. Dies ist ein sehr teueres Verfahren, insbesondere wenn das auf die Aushöhlungswände aufgebrachte Material Gold oder Silber ist.

Weiterhin erzeugen bekannte Vorrichtungen der Kategorie A trotz ihrer aufwendigen Konstruktion keine gleichmäßige Lichtverteilung an der Oberfläche der Anzeige. Diese Unregelmäßigkeiten sind üblicherweise mit bloßem Auge zu erkennen und beeinträchtigen wesentlich die Gesamterscheinung der Anzeige.

Bekannte Vorrichtungen der Kategorie B (Fig. 2A und 2B) haben sich gemäß einem etwas anderem Konstruktionsprinzip entwickelt. In Konstruktionen der Kategorie B ist eine Lichtquelle 12b, die entweder ein seitlich oder ein auf der Oberseite emittierender elektrolumineszenter Halbleiter (typischerweise Gallium-Arsenid-Phosphid oder Gallium-Phosphid) sein kann, in einer Aushöhlung 13b mit reflektierenden Wänden 24b angeordnet. Die Aushöhlung 13b ist nicht mit transparentem Material ausgefüllt, sondern ist lediglich mit einer ungerichtet lichtbrechenden Oberfläche 19b abgedeckt, z.B. einer Fliegenauge-Linse, wie gezeigt. Bekannte Vorrichtungen der Kategorie B haben typischerweise senkrechte Wände 24b mit einer erhöhten Tiefe d der Aushöhlung 13b, um den sich ergebenden nicht gleichmäßigen Ausgangslichtstrom zu verbessern. Diese Änderung führt dazu, daß das von dem Element emittierte Licht von den Wänden 24b

Öfter reflektiert wird, ermöglicht aber die Benutzung eines nicht isotropisch emittierenden Elementes 12b, z.B. Gallium-Arsenid-Phosphid.

Konstruktionen der Kategorie B erfordern typischerweise die folgenden vier Kriterien:

- (1) Eine Fliegenaugen-Linse oder eine andere ungerichtet brechende Oberfläche. Diese Linsenform ist ein Ersatz für die ungerichtet brechende Oberfläche, die im Zusammenhang mit dem Stand der Technik der Kategorie A beschrieben wurde.
- (2) Eine luftgefüllte Aushöhlung zwischen dem Licht emittierenden Halbleiter-Element und der Linse. Eine solche Linse wird typischerweise auf der Aushöhlungsseite der oberen Oberfläche benutzt, da bei Benutzung auf der Ansichtsseite der Anzeige Öl oder Wasser oder andere flüssige Verunreinigungen den Effekt der ungerichteten Brechung der Linse zerstören können. Die Wirksamkeit einer solchen Linse beruht auf der Differenz der Brechungsindizes des Linsenmaterials und des Materials innerhalb der Aushöhlung. Daher kann diese Aushöhlung nicht mit Kunststoff oder anderem Material ausgefüllt werden, ohne daß die Wirksamkeit der Linse beseitigt wird. Daher ist die Aushöhlung in Konstruktionen der Kategorie B üblicherweise mit Luft gefüllt.
- (3) Spiegelnd reflektierende metallisierte Aushöhlungswände.
- (4) Vertikale Abschlußwände und vertikale Seitenwände. Nach innen geneigte Seitenwände können aus den gleichen Gründen nicht benutzt werden, wie sie im Zusammenhang mit Konstruktionen der Kategorie A dargelegt worden sind.

2405829

Vorrichtungen der Kategorie B haben verschiedene weitere Nachteile. Da sie mehr Teile brauchen, ist ihre Herstellung typischerweise schwieriger und mit höheren Kosten verbunden. Außerdem können sie wegen ihrer luftgefüllten Aushöhlung nicht von dem Vorteil der Erhöhung des Kopplungswirkungsgrades Gebrauch machen, welche sich aus der Einbettung des Licht emittierenden Elementes in transparentem Kunststoff ergibt. Diese Verringerung des Kopplungswirkungsgrades tritt wegen der Differenz der Brechungsindizes der Luft innerhalb der Aushöhlung und dem Licht emittierenden elektrolumineszenten Halbleiter auf. Wenn die Aushöhlung nicht mit transparentem Kunststoff gefüllt wird, wird der Wirkungsgrad der Licht emittierenden Diode wesentlich verringert, d.h. der direkt an die Luft abgegebene Lichtstrom ist angehähert um einen Faktor $n^2 \approx 2,5$ kleiner im Vergleich zu dem Fall, daß die Emission ohne eine Luftgrenzfläche vom Halbleiterplättchen zum Kunststoff erfolgt. (n bezeichnet den Brechungsindex des Kunststoffs)

Vorrichtungen, die nach den Grundsätzen der Kategorie B konstruiert sind, benötigen ebenfalls eine Plattierung des Inneren der Aushöhlung, wie im Zusammenhang mit den Konstruktionen der Kategorie A dargelegt worden ist. Dadurch werden die Kosten stark erhöht, und die Herstellung der elektrolumineszenten Halbleiter-Anzeigen wird kompliziert. Wie weiterhin diskutiert wurde, ist eine Anzeige gemäß der bekannten Konstruktion der Kategorie B normalerweise dicker als eigentlich erwünscht, um die Veränderung der Lichtintensität an der Oberseite der Aushöhlung zu minimisieren. Die Veränderungen der Lichtstromdichte zwischen Mitte und Ende sind gegeben durch $\cos^n\alpha$, wobei n eine Zahl größer oder gleich 4 und wobei α den Winkel zwischen zwei Strahlen bezeichnet, die zur Mitte bzw. zum Ende verlaufen. Es ist daher ersichtlich, daß Veränderungen der Lichtstromdichte mit zunehmender Aushöhlungstiefe bei gegebener Aushöhlungslänge abnehmen. Aus all den oben genannten Gründen ist die Gleichförmigkeit der

409834/0783

2405829

Lichtverteilung an der Oberfläche von Anzeigen der Kategorie B nicht so gut wie bei Anzeigen der Kategorie A.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Gattung derart weiterzubilden, daß die oben genannten Nachteile der bekannten Vorrichtungen beseitigt werden. Insbesondere soll eine Anzeigevorrichtung geschaffen werden, mit der bei geringem Herstellungs-aufwand eine hohe Lichtausbeute, eine gleichmäßige Ausleuchtung des sichtbaren Anzeigefeldes sowie eine freie Gestaltungsmöglichkeit des Anzeigefeldes erreicht werden.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Gattung dadurch gelöst, daß mindestens die Seitenwände der Aushöhlung nicht spiegelnde, reflektierende Oberflächen haben, daß auf der Grundfläche am Boden der Aushöhlung ein mit elektrischen Signalen ansteuerbarer elektrolumineszenter Halbleiter befestigt ist und daß die Aushöhlung mit einem Hindurchtreten des Licht zerstreuende diskrete Partikel enthaltenden lichtdurchlässigen Material ausgefüllt ist.

Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Anzeigevorrichtung eine Basis, ein elektrolumineszentes Halbleiterelement, einen Grundkörper mit darin befindlichen optischen Durchlässen ausgewählter Form sowie ein transparentes Füllmaterial aufweisen, welches diskrete lichtstreuende Partikel enthält. Typischerweise ist das transparente Füllmaterial ein Epoxydharz, und die diskreten Partikel sind Körner von pulverisiertem Glas. Von dem Element ausgesandtes Licht läuft durch das Füllmaterial und wird an den im Füllmaterial enthaltenen Partikeln gebrochen sowie von den Wänden des Grundkörpers reflektiert, bis es die Anzeige an deren Oberfläche verläßt.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung einer elektrolumineszenten Halbleiter-Anzeige-

409834/0783

vorrichtung mit einer Vielzahl ausgewählt geformter, erleuchtbare Bereiche bildender Öffnungen, welches sich dadurch kennzeichnet, daß ein Grundkörper mit den ausgewählt geformten Öffnungen gebildet wird, wobei die Öffnungen sich quer durch den Dickenbereich des Körpers hindurch von der Vorderseite zur Rückseite erstrecken, daß die Öffnungen mit einem wärmehärtbarem lichtdurchlässigen, flüssigen Füllmaterial gefüllt werden, welches in ihm verteilte lichtstreuende Zentren enthält, daß von der Rückseite des Grundkörpers aus innerhalb der Öffnung im Füllmaterial eine Lichtquelle eingebettet wird und daß das flüssige Füllmaterial ausgehärtet wird, bis es im wesentlichen fest ist.

Vorteilhafte Ausgestaltungen bzw. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der zugehörigen Zeichnung erläutert. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 eine bekannte Vorrichtung gemäß Kategorie A, wobei

Fig. 1A ein Längsschnitt durch die Anzeige und

Fig. 1B einen zweiten Längsschnitt senkrecht zu dem der

Fig. 1A darstellt;

Fig. 2 eine bekannte Vorrichtung gemäß Kategorie B, wobei

Fig. 2A einen Längsschnitt durch die Anzeige und

Fig. 2B einen zweiten Längsschnitt senkrecht zu dem der

Fig. 2A darstellt;

Fig. 3A und 3B die Wirkung von konvergierenden Seiten-

wänden über Halbleiter-Anordnungen, wobei von

spiegelnder Reflexion Gebrauch gemacht wird;

Fig. 4A und 4B, Fig. 5A und 5B, Fig. 6A und 6B sowie 7 bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung.

Die Erfindung beruht auf dem Prinzip einer integrierenden Sphäre. In einer integrierenden Sphäre wird Licht von einer mit geringen Verlusten diffus reflektierenden Oberfläche re-

2405829

flektiert. Nach vielen ungerichteten Reflexionen trifft es auf einen Ausgangsschlitz, der die Form eines einzelnen Segmentes einer numerischen Sieben-Segment-Anzeige haben kann. Eine solche integrierende Struktur braucht keine sphärische Form zu haben, sondern kann jede beliebige Form haben, bei welcher der Zusammenbau einer solchen Anzeige kostengünstig ist. Eine diffus reflektierende Oberfläche ist aus zwei Gründen einer spiegelnd reflektierenden Oberfläche vorzuziehen. Erstens vermeidet sie das bereits in Verbindung mit Fig. 3B dargelegte Problem, und zweitens lenkt sie das Licht innerhalb der Aushöhlung ungerichtet ab, bevor es den Ausgangsschlitz erreicht.

In Fig. 4A und 4B ist eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung gezeigt. Ein elektrolumineszenter Halbleiter 12 ruht auf einer Basis 18, die aus jedem geeigneten Material, zum Beispiel aus Keramik bestehen kann. Der Licht emittierende Halbleiter 12 kann entweder nach oben emittierend oder zur Seite emittierend sein. Typischerweise besteht er aus Gallium-Arsenid-Phosphid oder aus Gallium-Phosphid. Der Halbleiter 12 wird in eine von einem Grundkörper 16 umgebene Aushöhlung 13 gesetzt. Die Aushöhlung 13 wird dann mit transparentem Material 17 gefüllt, welches Zerstreuungszentren 28 enthält. Die Farbe der Oberfläche des Grundkörpermaterials 16 bestimmt die Stärke der Reflexion, die an der Oberfläche 21 stattfindet. Aus diesem Grunde wird weiß bevorzugt, obwohl auch eine stark reflektierende Farbe über den Spektralbereich des emittierten Lichtes benutzt werden kann (z.B. rot für rotes Licht, blau für blaues Licht usw.). Nach dem Stande der Technik wurden sowohl bei der Kategorie A als auch bei der Kategorie B spiegelnde Oberflächen benutzt. Eine solche Oberfläche wird typischerweise dadurch erzielt, daß eine sehr dünne Metallschicht, typischerweise Gold, Silber, Kupfer oder Aluminium, auf die Oberfläche des umgebenden Grundkörpers 16 aufgebracht wird. Dies ist in Fig. 1 als Oberfläche 24a und in Fig. 2 als Oberfläche 24b

409834/0783

gezeigt. Im Gegensatz dazu hat die Anwendung diffuser Reflexion und eines Grundkörpers mit weißen Wänden 21 gemäß der vorliegenden Erfindung mehrere Vorteile gegenüber dem Stand der Technik. Vorrichtungen gemäß dem Stand der Technik müssen über die gesamte innere Oberfläche der Aushöhlung mit reflektierendem Material plattiert werden. Die Kosten des Materials und des Plattierungsverfahrens erhöhen die Kosten solcher bekannter Vorrichtungen gegenüber Vorrichtungen gemäß der vorliegenden Erfindung erheblich.

Die vorliegende Erfindung überwindet diesen Nachteil durch die Verwendung von diffus reflektierendem (z.B. weißem) Kunststoff im Gegensatz zu einer spiegelnd reflektierenden Oberfläche. Die Wirkung dieser Auswahl lässt sich am besten aus den folgenden Berechnungen ersehen. Die Menge des von einer Anzeigevorrichtung schließlich emittierten Lichtes ist proportional R^n , wobei R der Reflexionsfaktor des Materials und n die Anzahl der auftretenden Reflexions- bzw. Streuvorgänge ist.

Im Falle der Vorrichtungen gemäß dem Stand der Technik ist R ungefähr 0,9. Das heißt in anderen Worten, daß die metallisierten Oberflächen 24a und 24b in Fig. 1 und 2 ungefähr 90% des auf sie einfallenden Lichtes reflektieren. Die restlichen 10% werden absorbiert.

Gemäß der vorliegenden Erfindung werden näherungsweise 98,5% des auf die weiße Oberfläche 21 auftreffenden Lichtes reflektiert, was einen wesentlichen Fortschritt gegenüber dem Stand der Technik darstellt. Das Licht wird im inneren der Aushöhlung 13 durch die Streuzentren 28 und durch die weißen Wände 21 vielfach hin und her geworfen. Daher ist das abgestrahlte Licht 30 über den Längsbereich der Aushöhlung 13 von einem Ende zum anderen gleichförmig in seiner Erscheinung. Für eine gegebene Anzahl von Reflexionen ist das abgestrahlte Licht 30 intensiver als das, was von einer spiegelnd reflek-

2405829

tierenden Konstruktion abgestrahlt würde, da der Reflexionsfaktor von weißen Wänden größer als der von metallisierten Wänden ist. Unterliegt z.B. das Licht an den metallisierten Wänden der bekannten Vorrichtungen im Durchschnitt 10 Reflexionen, bevor es durch den Ausgangsschlitz gelangt, führt ein Faktor $R = 90\%$ zu einem Gesamtverlust von 66%. Im Gegensatz dazu führt ein Faktor $R = 98,5\%$ bei weißen Wänden gemäß der vorliegenden Erfindung zu einem Verlust von nur 14%.

Fig. 4A und 4B zeigen auch den Weg eines typischen Lichtstrahls 30, der von dem elektrolumineszenten Halbleiter 12 ausgeht. Dabei ist zu beachten, daß dieser Strahl nur zum Zwecke der Erläuterung der Wirkung der Streuzentren 28 und der weißen Wände 21 vorgegeben ist. Um die Übertragung von Licht von einer Aushöhlung (wie z.B. in Fig. 4A) zu einer benachbarten Aushöhlung in einem anderen Bereich der gesamten Anzeige auf ein Minimum zu reduzieren, sind die Oberflächen 32 und 34 geschwärzt. Dadurch, daß die Oberfläche 34 dunkel gehalten ist, wird verhindert, daß von dem elektrolumineszenten Halbleiter 12 ausgehendes Licht sich zwischen der Basis 18 und dem Grundkörper 16 ausbreitet. Bei verschiedenen Vorrichtungen gemäß dem Stand der Technik ist zwischen dem Grundkörper 16 und dem Substrat 18 (siehe Fig. 2) eine besondere Kunststoffscheibe eingefügt, um einen solchen Lichtübergang zu verhindern. Dadurch, daß die Oberfläche 32 dunkel gehalten ist, wird Licht absorbiert, das durch den Grundkörper 16 hindurchgeht und auf die Oberfläche 32 auftrifft. Wenn diese Oberfläche nicht verdunkelt ist, verursacht die Differenz der Brechungsindizes der über der Oberfläche 32 befindlichen Luft und des Materials des Grundkörpers 16 eine fast totale Reflexion des auf die Oberfläche 32 auftreffenden Lichtes zurück in den Grundkörper 16.

Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in den Fig. 5A und 5B dargestellt. Diese Ausführungsform kann typischerweise in Anzeigen benutzt werden, bei denen

409834/0783

die Höhe der angezeigten Ziffer oder Zahl weniger als 7,62 mm beträgt. Bei diesen Anzeigen sind die Zusammenbau-toleranzen für die Anordnung des elektrolumineszenten Halbleiters 12 auf der Basis der Aushöhlung 13 vor der Zugabe des die Streuzentren 28 enthaltenden transparenten Materials 17 sehr klein, so daß ein richtiger Zusammenbau schwierig ist. Die Aushöhlungswände 58 in der Nähe des elektrolumineszenten Halbleiters 12 können weggeschnitten werden, um einen Zusammenbau mit annehmbaren Toleranzen zu erleichtern.

Bei größeren Zeichenhöhen, bei welchen die Abmessungen der Aushöhlungen der Segmente wesentlich größer sind und bei denen dementsprechend die Zusammenbautoleranzen weniger eng sind, kann eine Aushöhlung der Form benutzt werden, die in den Fig. 6A und 6B dargestellt ist. Diese Aushöhlungsform hat den Vorteil, daß der Grundkörper in einem Arbeitsgang von einer Seite aus gegossen werden kann, bei gleichzeitigen Einsparungen in den Herstellungskosten. Zusätzlich kann der obere Bereich der Aushöhlung eine beliebige aus einer Vielzahl ausgewählter Formen haben, die ziemlich unabhängig von der Form der Aushöhlung in deren unteren Bereich sind. Dementsprechend können alphanumerische Zeichen und Symbole wiedergegeben werden, wenn der obere Bereich der Aushöhlungen passend geformt ist. Sofern gewünscht, kann eine einzige gemäß der vorliegenden Erfindung vorbereitete Aushöhlung mit einer getrennten über der oberen Oberfläche angeordneten Zeichenplatte 44 oder Öffnung eingesetzt werden, wie in Fig. 7 gezeigt ist. Der untere Bereich der Aushöhlung kann dabei eine beliebige Form haben, sofern sie für eine zweckmäßige Herstellung passend ist, und kann sogar eine Öffnung 45 in der Basis 14 (bei nur geringem dadurch hervorgerufenen Lichtverlust) aufweisen, die dazu dient, die Elektroden eines gestanzten, als Zuleitung dienenden Metallrahmens von einander zu trennen.

Beim Zusammenbauprozess der vorliegenden Erfindung kann der Grundkörper 16 gegossen werden, wobei die passend ge-

2405829

formte Aushöhlung oder die Aushöhlungen 13 mitgeformt werden. Die obere Oberfläche 32 (d.h. die Ausgangs- oder Sichtfläche) kann dann an einem mit einem Kleber versehenen Band befestigt werden, um die Oberseiten der Aushöhlungen zu verschließen und um die automatische Verarbeitung der Grundkörper 16 zu erleichtern. Band und Kleber sollten widerstandsfähig gegen erhöhte Arbeitstemperaturen sein und nicht mit den Lösungsmitteln, Füllmaterialien oder Kunststoffen reagieren. Geeignet für diesen Zweck ist ein im Handel erhältliches Band auf Teflonbasis mit einem druckempfindlichen Kleber auf Silikonbasis (Typ-60-Band der Minnesota Mining and Manufacturing Company). Das flüssige Füllmaterial 17 (z.B. ein Epoxydharz) mit den darin verteilten Streuzentren 28 kann dann in die Rückseite des Grundkörpers eingefüllt und innerhalb der Aushöhlungen und über die Rückseite des Grundkörpers verteilt werden. Um sicher zu stellen, daß die Aushöhlungen vollständig mit dem flüssigen Füllmaterial ausgefüllt werden, können die mit einer bestimmten Menge flüssigen Füllmaterials gefüllten Grundkörper mit der Sichtfläche 32 nach unten auf schwingend montierten Plattformen in eine Zentrifuge eingesetzt werden, um auf das flüssige Füllmaterial eine ausreichende Kraft auszuüben, um eingeschlossene Luft innerhalb der Aushöhlungen 13 auszutreiben und dadurch ein vollständiges Ausfüllen der Aushöhlungen der Grundkörper von deren Rückseite zur Sichtfläche 32 sicherzustellen. Es ist festgestellt worden, daß auf das flüssige Füllmaterial eine minimale Kraft ausgeübt werden muß, um die innerhalb der Aushöhlung eingeschlossenen Luftblasen durch die Oberfläche des Füllmaterials an der Rückseite des Grundkörpers 16 auszutreiben. Daher muß (zum Beispiel durch Zentrifugieren) eine Kraft von mindestens 10G aufgebracht werden und zwar normal zu und in Richtung auf die Oberfläche 32, wobei diese Oberfläche fest auf einer schwingend montierten Plattform der Zentrifuge angeordnet ist.

Nachdem das flüssige Füllmaterial 17 vollständig in den Aus-

409834/0783

2405829

höhlungen und auf der Rückseite des Grundkörpers in dieser Weise verteilt worden ist, kann die Basis 18 an ihrem Platz eingefügt werden, solange das Füllmaterial noch flüssig ist. Diese Basis 18 ist typischerweise ein Bleirahmen der die daran befestigten Licht emittierenden Halbleiter-Elemente enthält und der Drahtverbindungen zwischen der Oberseite des Licht emittierenden Elementes und benachbarten Elektroden aufweist. Diese Bleirahmen-Anordnung kann nach unten an ihren Platz gepreßt werden, wobei eine geringe aber ausreichende Menge Füllmaterial entfernt wird, um eine vollständige Ausfüllung aller Hohlräume sicherzustellen und um die gesamte Anordnung in einem einzigen Arbeitsgang in dem flüssigen Füllmaterial einzukapseln. Danach können der Grundkörper und der Bleirahmen zusammen mit dem darin enthaltenen flüssigen Füllmaterial einer Wärmebehandlung unterzogen werden, um das flüssige Füllmaterial in einen festen Zustand auszuhärten. Nachdem das Füllmaterial ausgehärtet ist, kann das Band von der Sichtfläche 32 entfernt werden, um die fertige Einheit freizugeben, die dann die Sichtöffnungen und die im wesentlichen in Bezug auf das Niveau der Sichtfläche 32 bündig gefüllten zugeordneten Aushöhlungen enthält.

Zusammengefaßt wird durch die vorliegende elektrolumineszente Anzeigevorrichtung für eine Anzeige gesorgt, die eine im wesentlichen gleichförmig beleuchtete Oberfläche hat und die eine elektrolumineszente Halbleiter-Lichtquelle benutzt, welche an ihrer Oberseite, an ihren Seitenflächen oder an beidem Licht abstrahlt.

Die Anzeige kann aus einer oder mehreren Aushöhlungen ausgewählter Form gebildet werden, die mit Epoxydharz und Glas gefüllt sind. Dadurch wird eine diffuse Reflexion erzeugt, die die Notwendigkeit einer Metallauflage auf den den Licht emittierenden Halbleiter umgebenden Wänden bei gleichzeitigen Einsparungen an Herstellungskosten aufhebt. Weiterhin absor-

409834/0783

bietet die bevorzugte weiße Farbe der diffus reflektierenden Aushöhlungswände weniger Licht als konventionelle spiegelnd reflektierende Wände aus aufgebrachtem Metall. Die geschwärzten Ober- und Unterseiten des die Aushöhlung umgebenden Grundkörpers verringern die Übertragung von Licht von einer zu einer anderen Aushöhlung der Anzeige. In Ausführung der vorliegenden Erfindung ist keine Aufrauhung der Oberseite des Materials notwendig, welches die Aushöhlung ausfüllt. Das die Aushöhlung ausfüllende Material kann einen Brechungsindex haben, der nahe dem Brechungsindex des elektrolumineszenten Halbleiters liegt, um eine wirksame Lichtübertragung aus dem Halbleiter sicherzustellen.

Hinzu kommt, daß in Ausführung der vorliegenden Erfindung eine vollständige Füllung des Grundkörpers und ein Zentrifugieren des Füllmaterials in alle Aushöhlungen des Grundkörpers erreicht wird, bevor die Basis bzw. der Bleirahmen eingefügt wird und bevor die gesamte Anordnung zum Aushärten des Füllmaterials der Hitze ausgesetzt wird. Dadurch wird die Ausrichtung und der Zusammenbau der Teile stark vereinfacht, und die billige Massenproduktion von Festkörper-Anzeigeelementen wird erleichtert.

In der oben beschriebenen Weise wird eine sehr intensive, nahezu punktförmige Lichtquelle diffus in eine weniger intensive, gleichförmigere Ausleuchtung über eine wesentlich größere Fläche einer Anzeigevorrichtung umgewandelt, ohne daß dabei großflächige Licht emittierende Elemente benötigt werden.

P a t e n t a n s p r ü c h e .

1. Elektrolumineszente Halbleiter-Anzeigevorrichtung mit einem eine obere und eine untere Oberfläche aufweisenden Grundkörper aus einem Material ausgewählter Dicke, welcher eine Öffnung aufweist, die sich im Grundkörper von dessen oberer Oberfläche bis zu einer Grundfläche hin erstreckt und dadurch eine Aushöhlung bildet, die von der Grundfläche als Boden und den Seitenwänden der Öffnung begrenzt wird, dadurch **gekennzeichnet**, daß mindestens die Seitenwände (21) der Aushöhlung (17) nicht spiegelnde, reflektierende Oberflächen haben, daß auf der Grundfläche am Boden der Aushöhlung ein mit elektrischen Signalen ansteuerbarer elektrolumineszenter Halbleiter (12) befestigt ist und daß die Aushöhlung mit einem hindurchtretendes Licht zerstreuende, diskrete Partikel (28) enthaltenden lichtdurchlässigen Material ausgefüllt ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß mindestens die Seiten der Aushöhlung aus im wesentlichen weißem, lichtundurchlässigem Material hergestellt sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß mindestens die Oberseite (32) des Grundkörpers (16) im die Öffnung umgebenden Bereich im wesentlichen absorbierend und lichtundurchlässig ist, um Licht zu absorbieren, welches die Aushöhlung durch den Grundkörper verlässt.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Form der Öffnung an der Oberseite des Grundkörpers ein erstes Polygon mit mindestens einer Länge a und einer Breite b ist, daß die

2405829

Form der Grundfläche an der Unterseite der Aushöhlung ein zweites Polygon mit mindestens einer Länge a und einer Breite c ist, wobei c nicht kleiner als b ist, und daß der Schwerpunkt des ersten Polygons ungefähr über dem Schwerpunkt des zweiten Polygons liegt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Form der Öffnung an der Oberseite des Grundkörpers ein erstes Rechteck mit der Länge d und der Breite e ist, daß die Form der Öffnung an der Grundfläche an der Unterseite der Aushöhlung ein zweites Rechteck mit der Länge f und der Breite g ist, wobei f kleiner als d und g größer als e ist, daß die Form der Öffnung an einer ausgewählten Stelle zwischen der Ober- und Unterseite ein drittes Rechteck mit der Länge f und der Breite e ist, wobei die Schwerpunkte des ersten, des zweiten und des dritten Rechtecks angenähert auf einer Geraden liegt, und daß die vier Seiten der Öffnung zwischen der Oberseite und der ausgewählten Zwischenstelle sowie die vier Seiten der Öffnung zwischen der Unterseite und der ausgewählten Zwischenstelle jeweils eben sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterseite des Grundkörpers in dem die Öffnung umgebenden Bereich im wesentlichen absorbierend und lichtundurchlässig ist, um im Bereich der Unterseite Licht zu absorbieren.
7. Verfahren zur Herstellung einer elektrolumineszenten Halbleiter-Anzeigevorrichtung mit einer Vielzahl ausgewählter geformter, erleuchtbare Bereiche bildender Öffnungen, dadurch gekennzeichnet, daß ein Grundkörper mit den ausgewählten geformten Öffnungen gebildet wird, wobei die Öffnungen sich quer durch den Dickenbereich des Grundkörpers hindurch von der Vorderseite zur Rückseite

409834/0783

2405829

erstrecken, daß die Öffnungen mit einem wärmehärtbaren lichtdurchlässigen flüssigen Füllmaterial gefüllt werden, welches in ihm verteilte lichtstreuende Zentren enthält, daß von der Rückseite des Grundkörpers aus innerhalb der Öffnung im Füllmaterial eine Lichtquelle eingebettet wird und daß das flüssige Füllmaterial ausgehärtet wird, bis es im wesentlichen fest ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch ~~gekennzeichnet~~, daß vor der Füllung der Öffnungen des Grundkörpers quer über die Öffnungen eine mit der Ansichtsfläche des Grundkörpers im wesentlichen bündig abschließende flüssigkeitsundurchlässige Absperrung gebildet wird, daß auf das flüssige Füllmaterial eine Kraft ausgeübt wird, um die Öffnungen im Bereich zwischen der Ansichtsfläche und der Rückseite des Grundkörpers vollständig auszufüllen und daß die Lichtquelle mit ihren zugehörigen Verbindungen in der Nähe der Rückseite des Grundkörpers in einer Linie mit einer Öffnung eingeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch ~~gekennzeichnet~~, daß die auf das flüssige Füllmaterial aufgebrachte Kraft eine Zentrifugalkraft ist, die im wesentlichen normal zu der Sichtfläche in einer Richtung von der Rückseite des Grundkörpers auf die Sichtfläche des Grundkörpers gerichtet ist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch ~~gekennzeichnet~~, daß die auf das flüssige Füllmaterial ausgeübte Zentrifugalkraft größer als 10G ist.

• 25 •

2405829

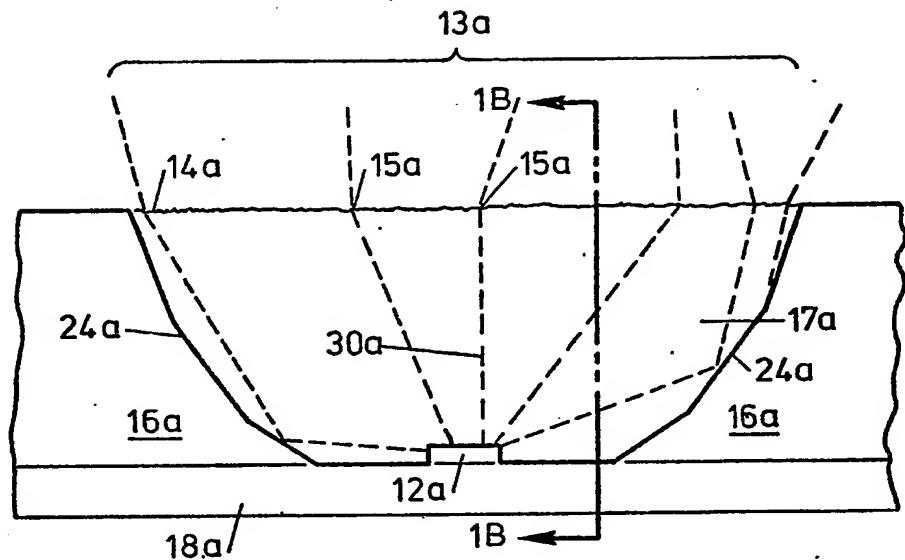


Fig. 1A

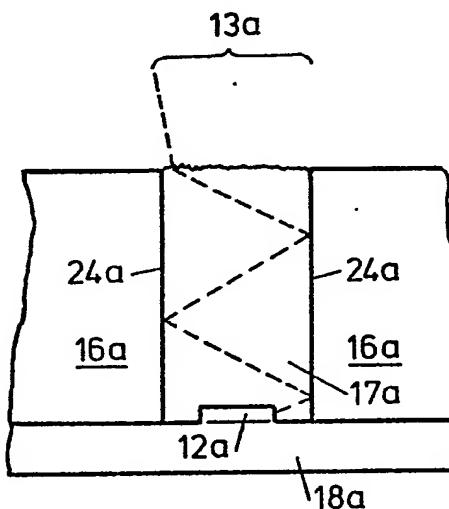


Fig. 1B

409834/0783

21f 89-03 AT: 7.2.1974 OT: 22.8.1974

- 20 -

2405829

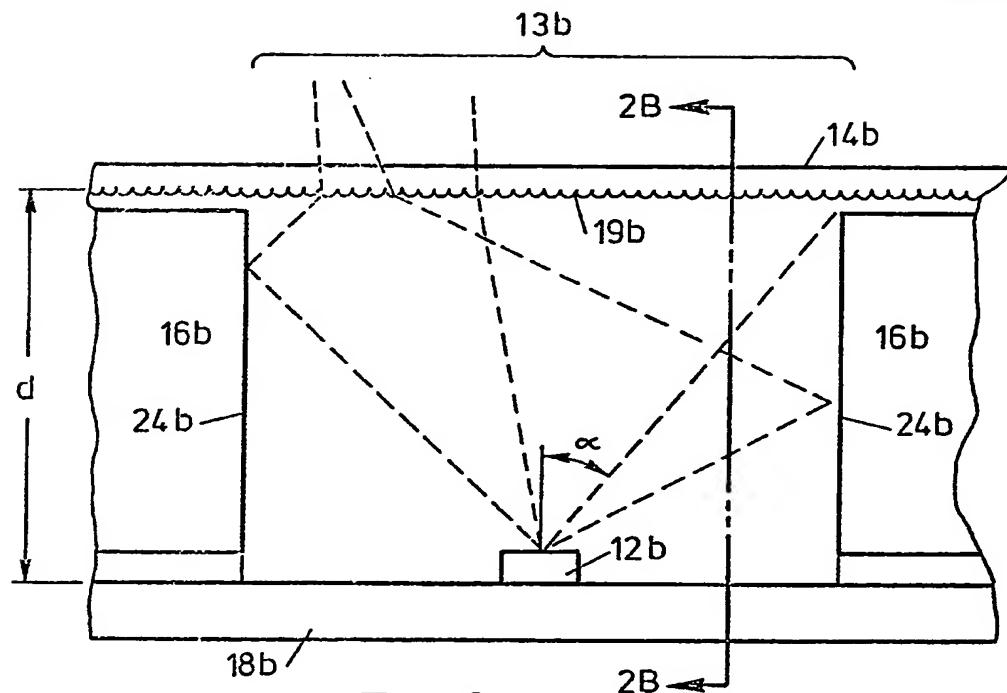


Fig. 2A

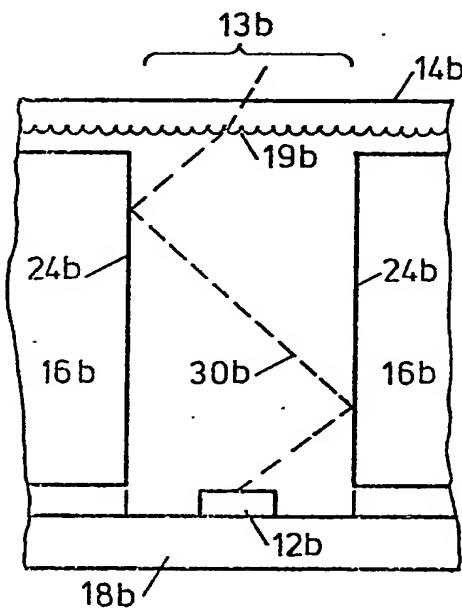


Fig. 2B

409834 / 0783

- 21 -

2405829

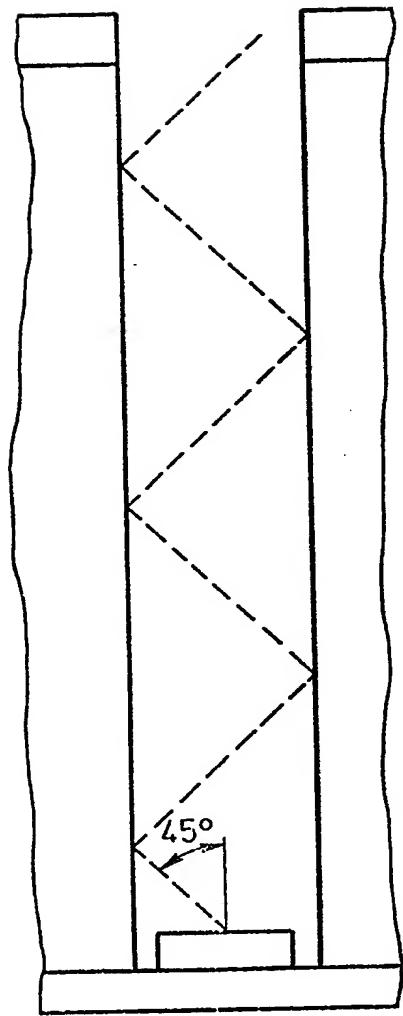


Fig.3A

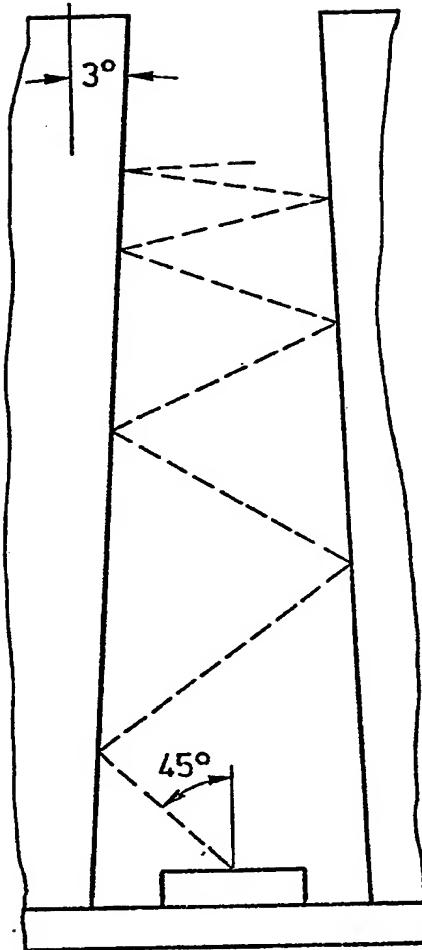
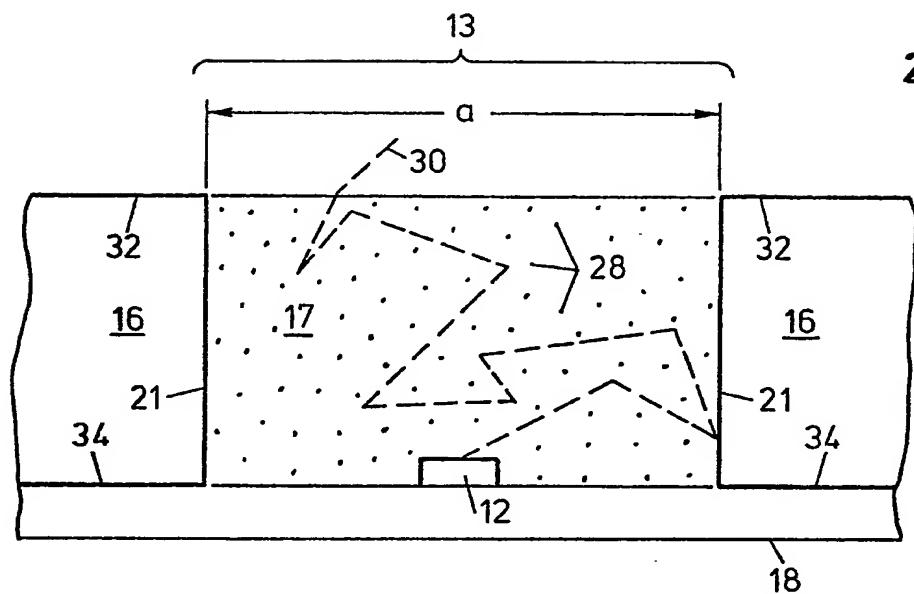


Fig.3B

409834/0783

• 22.



2405829

Fig. 4A

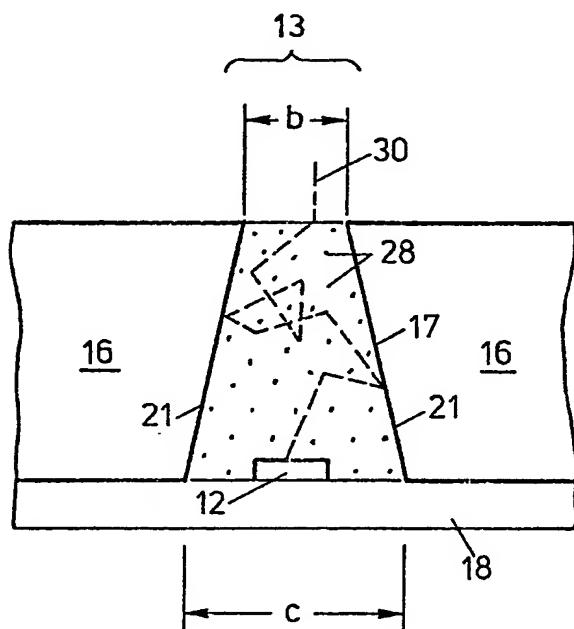


Fig. 4B

409834/0783

23.

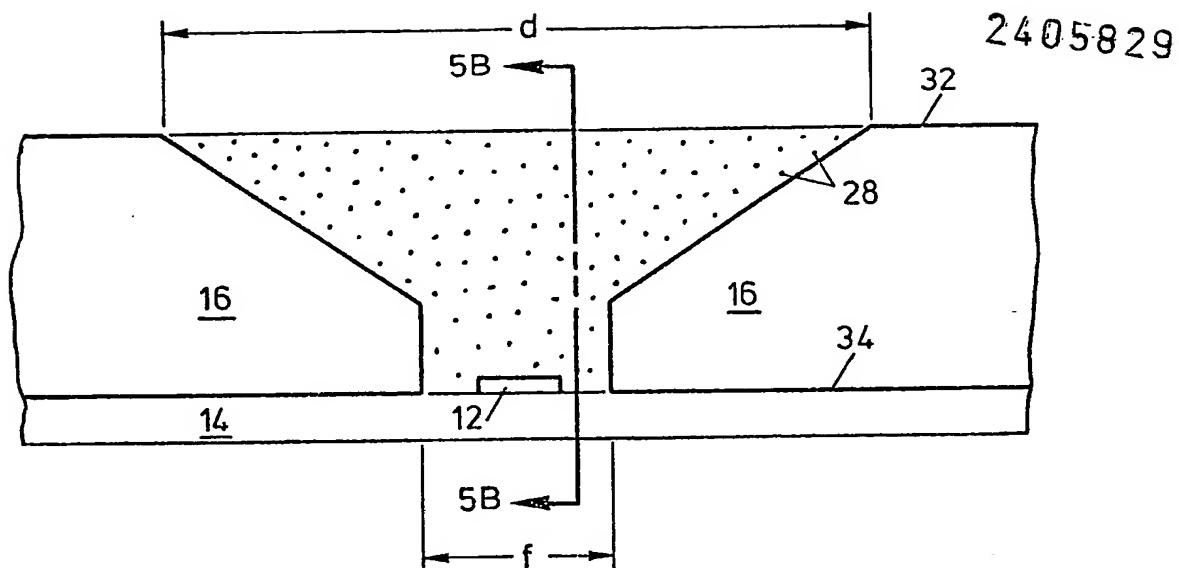


Fig.5A

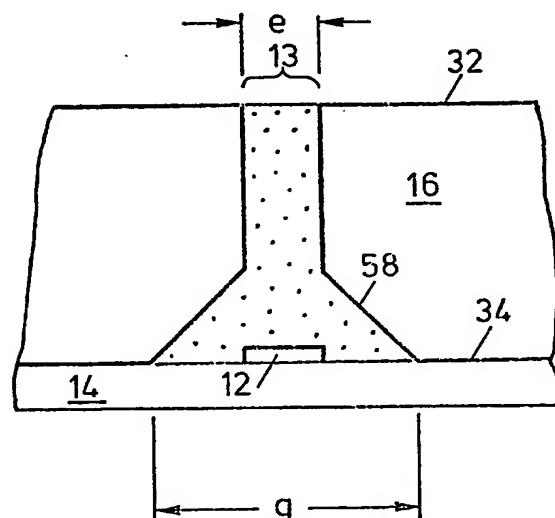
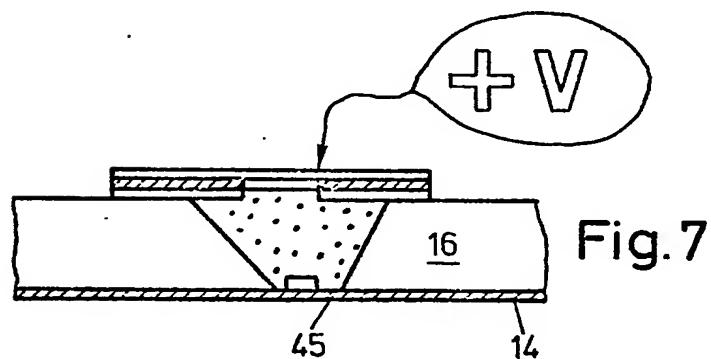
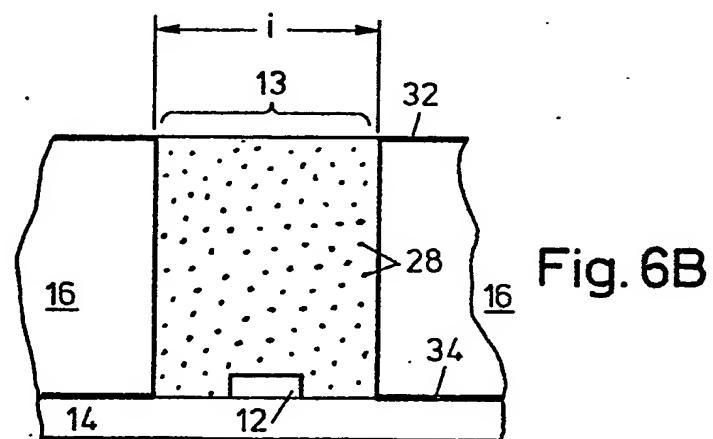
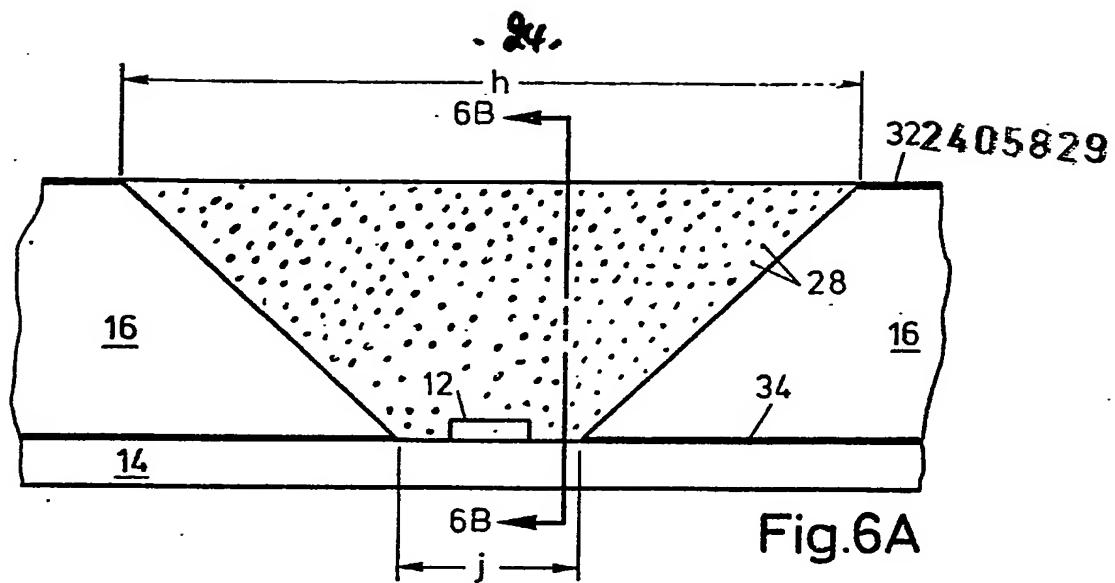


Fig.5B

409834/0783



409834/0783

ELECTROLUMINESCENT SEMICONDUCTOR DISPLAY APPARATUS AND METHOD OF FABRICATING THE SAME

Patent Number: US3780357

Publication date: 1973-12-18

Inventor(s): HAITZ R

Applicant(s): HEWLETT PACKARD CO

Requested Patent: DE2405829

Application Number: USD3780357 19730216

Priority Number(s): US19730333431 19730216

IPC Classification: H05B33/00

EC Classification: G09F9/33, H01L33/00B6C2

Equivalents: GB1411199, JP50004998

Abstract

This electroluminescent semiconductor display apparatus utilizes a light-emitting semiconductor device surrounded by a molded white plastic body and transparent material containing scattering centers for diffusing the light emitted from the semiconductor over a large area. The light-emitting device is placed on a base material and a white plastic body is positioned about the device to provide a corridor for light from the device to the upper surface of the body. This pathway is filled with transparent material containing scattering centers, e.g., a mixture of epoxy and glass powder. Light emitted from the device passes up through the corridor diffusely reflecting from the sides of the body and being scattered by the diffusion centers in the transparent material. Thus, at the upper surface of the body, the corridor appears as an essentially uniformly illuminated surface. In the above described manner, a very intense, nearly point source of light emitted from an electroluminescent semiconductor device is diffused to less intense, more uniform illumination over a much larger surface of a display apparatus, thereby obviating the need for large-area light-emitting devices.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Docket # P2001,0258

Applic. # _____

Applicant: GEORG BOGNER ET AL.

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101